



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①0 DE 196 19 730 A 1

⑤1 Int. Cl. 6:  
B 29 C 45/77

②1 Aktenzeichen: 196 19 730.9  
②2 Anmeldetag: 15. 5. 96  
④3 Offenlegungstag: 21. 11. 96

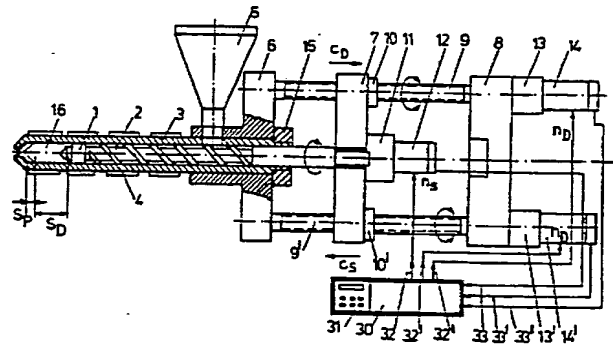
DE 196 19 730 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
16.05.95 AT 823/95 16.06.95 AT 1031/95  
⑦1 Anmelder:  
Engel Maschinenbau Ges.m.b.H., Schwertberg, AT  
⑦4 Vertreter:  
Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,  
80538 München

⑦2 Erfinder:  
Lampl, Alfred, Dr., Schwertberg, AT

⑤4 Einspritzeinheit einer Spritzgießmaschine

⑤7 Einspritzeinheit einer Spritzgießmaschine mit einer in einem Schneckenzyylinder (3, 103) gelagerten Schnecke (2, 100), für welche ein, vorzugsweise elektrischer, Drehantrieb (12) und ein, vorzugsweise elektrischer, Antrieb (14, 14') zum axialen Verschieben der Schnecke (2, 100) vorgesehen ist, wobei die Drehgeschwindigkeit und die axiale Vor- bzw. Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke (2, 100) über eine Steuereinrichtung (30) einstellbar sind, welche bei einem Dosiervorgang das Verhältnis der Drehgeschwindigkeit und der Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke (2, 100) steuert.



DE 196 19 730 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09. 96 602 047/599

11/24

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einspritzeinheit einer Spritzgießmaschine mit einer in einem Schneckenzyylinder gelagerten Schnecke, für welche ein, vorzugsweise elektrischer, Drehantrieb und ein, vorzugsweise elektrischer, Antrieb zum axialen Verschieben der Schnecke vorgesehen ist, wobei die Drehgeschwindigkeit und die axiale Vor- bzw. Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke über eine Steuereinrichtung einstellbar sind. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Steuerung eines Plastifizierungsvorganges einer solchen Einspritzeinheit.

Zum Plastifizieren und Einspritzen des Kunststoffes wird bei Spritzgießmaschinen heutzutage fast ausschließlich eine Einspritzeinheit mit einer axial verschiebbaren Schnecke (siehe beispielsweise DE-PS 8 58 310 oder AT-PS 256 440), die am düsenseitigen Ende mit einer Rückstromsperre (vgl. z. B. DE-OS 25 18 219) versehen ist, verwendet. Bei dieser Einrichtung, der sogenannten Schubschnecke, wird während des Plastifizier- bzw. Dosierungsvorgangs der Kunststoff durch die Schneckendrehung eingezogen und durch die Schneckengänge nach vorne in den Sammelraum bzw. Schneckenraum vor der Rückstromsperre gefördert, wobei der Kunststoff geschmolzen und homogenisiert wird. Die Schnecke führt dabei eine entgegen der Förderrichtung des Kunststoffes gerichtete, Axialbewegung im Plastifizier- bzw. Schneckenzyylinder durch. Im Anschluß an den Dosierungsvorgang erfolgt der Einspritzvorgang, bei dem die Schnecke im Schneckenzyylinder in die entgegengesetzte Richtung verschoben wird.

Bei den herkömmlichen, hydraulisch betriebenen Spritzgießmaschinen erfolgt das Einspritzen des Kunststoffes durch eine die Schnecke in axialer Richtung beaufschlagende hydraulischen Einspritz-Zylinder-Kolbeneinheit und auch der Antrieb für die Schneckendrehung erfolgt üblicherweise über einen Hydraulikmotor. Während des Dosierbzw. Plastifizierungsvorganges des Kunststoffes wird bei einer solchen Spritzgießmaschine die Schnecke über die Einspritz-Zylinder-Kolbeneinheit mit einem bestimmten Druck beaufschlagt, der der Rücklaufbewegung der Schnecke entgegengerichtet ist. Dadurch wird ein Staudruck im Sammelraum vor der Rücklaufsperre hervorgerufen, von dem wiederum die erreichte Qualität des Plastifikats bzw. dessen Mischgrad abhängt. Um eine gewünschte Qualität des Plastifikats zu erreichen, wird also einfach ein bestimmter — durch Erfahrungswerte in etwa bekannter — Gegendruck der Einspritz-Kolben-Zylindereinheit und somit ein bestimmter Staudruck im Sammelraum eingestellt.

In jüngster Zeit sind vereinzelt auch elektrische Spritzgießmaschinen bekannt geworden, bei denen die Rotationsbewegung und die Axialbewegung der Schnecke mittels elektrischer Antriebe erfolgen. Bei diesen elektrischen Spritzgießmaschinen ergeben sich Möglichkeiten zur Energieeinsparung und sie zeichnen sich im Betrieb durch eine größere Flexibilität aus. Allerdings steht bei den elektrischen Spritzgießmaschinen im Gegensatz zu den hydraulischen der Staudruck nicht mehr als unmittelbare Meßgröße über den Gegendruck der Einspritz-Zylinder-Kolbeneinheit zur Verfügung. Außerdem kann der Staudruck nicht mehr in direkter Weise über den Gegendruck der Einspritz-Kolben-Zylindereinheit eingestellt werden. Zur Lösung dieser Schwierigkeiten wurde bereits vorgeschlagen, in der Wand des Sammelraumes der Einspritzeinheit eine Druckmeßzelle zur Bestimmung des Staudruckes anzubringen. Die Funktion einer solchen ist in der heißen Kunststoffschmelze im Sammelraum jedoch wenig zuverlässig und langlebig.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine verbesserte Einspritzeinheit bereitzustellen, bei der im Gegensatz zu den bekannten Einspritzeinheiten die Steuerung des Dosierungsvorganges nicht an den Staudruck gebunden ist. Erfindungsgemäß gelingt dies bei einer Einspritzeinheit der eingangs genannten Art dadurch, daß die Steuereinrichtung bei einem Dosierungsvorgang das Verhältnis der Drehgeschwindigkeit und der Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke steuert.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, daß eigentlich nicht der Staudruck für die Qualität des Plastifikats ausschlaggebend ist, sondern der Mischgrad (siehe Figurenbeschreibung). Der Mischgrad steht aber wiederum — wie ebenfalls in der Figurenbeschreibung erklärt werden wird — in eindeutigen Zusammenhang mit dem Drosselquotienten und damit in eindeutigen Zusammenhang mit dem Verhältnis zwischen der Drehgeschwindigkeit und der Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke.

Die Erfindung nützt nun diesen Sachverhalt aus, indem nicht mehr wie bisher vom Staudruck ausgegangen wird, sondern die Steuereinrichtung direkt das Verhältnis von Dreh- und Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke einstellt. Dabei kann beispielsweise die Drehgeschwindigkeit mit einem bestimmten konstanten Wert vorgegeben sein und die Rücklaufgeschwindigkeit wird entsprechend dem gewünschten Wert für den Mischgrad gesteuert. Es könnte andererseits aber auch vorgesehen sein, die Rücklaufgeschwindigkeit konstant zu halten und die Drehgeschwindigkeit entsprechend zu steuern. Weiters könnte es vorteilhaft vorgesehen sein, beide Geschwindigkeiten zu variieren, wobei aber wiederum das richtige Verhältnis eingestellt werden muß.

Im einfachsten Fall wird das Verhältnis zwischen den beiden Geschwindigkeiten während des Plastifizierungsvorganges, im wesentlichen konstant gehalten. Es kann aber auch vorteilhaft sein (um Inhomogenitäten aufgrund der Veränderung des wirksamen Schneckenlänge auszugleichen — siehe Figurenbeschreibung) das Verhältnis der beiden Geschwindigkeiten während des Plastifizierungsvorganges auf definierte Weise zu variieren, also ein bestimmtes Profil einzuhalten, das von der Steuereinheit gesteuert wird.

Welcher Zahlenwert bzw. welches Profil für das Verhältnis der beiden Geschwindigkeiten konkret vorgegeben wird, hängt — wie bereits ausgeführt — vom gewünschten Mischgrad ab. Wenn die Beziehung zwischen dem Mischgrad und dem Verhältnis zwischen Dreh- und Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke einmal bekannt ist (beispielsweise aus Versuchen) bietet sich nunmehr die interessante Möglichkeit, diese Beziehung in der Steuereinheit einzuspeichern und eine Eingabeeinheit vorzusehen, über die der gewünschte Mischgrad direkt eingegabbar ist. Wird vom Benutzer der gewünschte Mischgrad eingegeben, so berechnet die Steuereinheit anhand der eingespeicherten Beziehung das entsprechende Verhältnis der beiden Geschwindigkeiten.

Andererseits könnte man natürlich auch die Beziehung zwischen dem Verhältnis der beiden Geschwindigkeiten und dem Staudruck ermitteln. Somit könnte man, falls dies erwünscht ist (z. B. wenn Staudruckwerte

hydraulischer Maschinen vorliegen), diese ermittelte Beziehung in der Steuereinheit einspeichern und über die Eingabeeinheit den gewünschten Staudruck eingeben.

Da damit weiters auch die Beziehung zwischen Mischgrad und Staudruck bekannt ist, könnte man günstigerweise auch bei hydraulischen Maschinen eine Eingabeeinheit vorsehen, über die der gewünschte Mischgrad einstellbar ist. Die Steuereinheit kann daraus den erforderlichen Wert für den an der Einspritz-Kolben-Zylindereinheit einzustellenden Staudruck berechnen. 5

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden im folgenden anhand der beiliegenden Zeichnung beschrieben. In dieser zeigt

Fig. 1 den funktionellen Zusammenhang zwischen Mischgrad und Drosselquotient.

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Schnittes durch eine elektrische Einspritzeinheit. 10

Fig. 3 den Zusammenhang zwischen Drosselquotient und Staudruck.

Fig. 4 eine schematische Darstellung des Aufbaues der Gewichtskontrolle für das zugeführte Granulat und die Überwachung des Einzugsverhaltens der Schnecke,

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Einspritzeinheit mit elektrischer Schneckenplastifizierung und elektrischer Kolbeneinspritzung, bei der die wirksame Schneckenlänge während des Plastifizierungsvorganges konstant bleibt, 15

Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Nach übereinstimmenden Versuchs- und Betriebserfahrungen kann die Qualität des Extrudates auf drei verfahrenstechnische Größen zurückgeführt werden, nämlich auf die in der "Homogenisierungszone" wirksamen Schubspannungen, die Verweilzeit und die Scherdeformation des schmelzflüssigen Kunststoffes in dieser Zone. 20 Bezüglich der Vorzonen ist nur zu fordern, daß diese während des Dosiervorganges ununterbrochen ausreichende Menge einer "Rohschmelze" anliefern, bei der die mittlere Temperatur bei amorphen Kunststoffen über dem Fließpunkt und bei kristallinen Kunststoffen über dem Schmelzpunkt liegen soll.

Das Fließverhalten des aufgeschmolzenen Kunststoffes kann näherungsweise, zumindest bereichsweise, durch den Newtonschen Ansatz 25

$$\tau = \mu(T) \cdot \dot{\gamma}$$

$\tau$  = Schubspannung 30

$\mu(T)$  = Viskosität

$\dot{\gamma}$  = Schergeschwindigkeit

mit einer nur von der Temperatur abhängigen (scheinbaren) Viskosität beschrieben werden. Die Schlepp- und Druckströmungen werden vektoriell superponiert und aus dem Geschwindigkeitsfeld wird durch Integration der Volumendurchsatz  $V$  ( $\text{cm}^3/\text{sec}$ ) errechnet und in die Anteile  $V_s$  (Schleppstr.) und  $V_p$  (Druckströmung) zerlegt: 35

$$V = V_s - V_p \quad (1)$$

$V$  = Volumendurchsatz ( $\text{cm}^3/\text{sec}$ ) 40

$V_s$  = Schleppströmung ( $\text{cm}^3/\text{sec}$ )

$V_p$  = Druckströmung ( $\text{cm}^3/\text{sec}$ )

Dieses theoretische Grundkonzept läßt sich auch mit anderen Fließgesetzen (Ostwald, Dewale usw.) für strukturviskose Stoffe durchführen. 45

Das Geschwindigkeitsfeld im Schneckengang der Homogenisierungszone ist je nach Relation der Schleppströmung  $V_s$  und der durch den Widerstand des Schneckenrücklaufes induzierten Druckströmung  $V_p$  unterschiedlich. Das Verhältnis der beiden Teilströmungen wird als Drosselquotient  $a$

$$a = \frac{V_p}{V_s}$$

(2)

bezeichnet. 50

Aus Gleichung (1) und (2) folgt

$$V = (1 - a) V_s \quad (3)$$

Für  $a = 0$  liegt der maximale Volumendurchsatz vor bei  $a = 1$  ist keine Förderung vorhanden. Man spricht von Zyklonmischen. 60

Weiters gilt:

$$V_s = C_1 \cdot n_s$$

(4)

$$a = C_2 \cdot \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dx}$$

(5)

65

$C_1, C_2$  = Geometriekonstante  
 $n_s$  = Schneckendrehzahl  
 $\mu$  = Viskosität

- Darin ist  $c_1$  eine nur von der Geometrie der Schnecke abhängige Konstante und  $n_s$  die Schneckendrehzahl.  
 5 Der Drosselquotient ist abhängig von der Schneckengeometrie ( $c_2$ ), dem Druckgradienten  $dp/dx$  in der Homogenisierungszone und der scheinbaren Viskosität der Schmelze. Für eine Plastifiziereinheit mit vorgegebener Geometrie und bekannten Stoffwertfunktionen des Kunststoffes erhält man bei dem Volumenstrom aus Gl. (3) und (4).

10  $V = C_1 \cdot n_s (1 - a) \quad (6)$

Der Volumendurchsatz  $V$  hängt mit der Rücklaufgeschwindigkeit  $C_D$  des Schneckenkolbens über

15  $C_D = \frac{V}{A} \quad (7)$

- $C_D$  = Schneckenrücklaufgeschwindigkeit (Dosiergeschwindigkeit) · [cm/sec]  
 20  $A$  = Schnecken- bzw. Kolbenfläche [cm<sup>2</sup>]  
 zusammen wobei  $A$  (cm<sup>2</sup>) der Schnecken- bzw. Kolbenquerschnitt ist. Damit ergibt sich aus Gl. (6) und (7) der Zusammenhang

25  $C_D = C (1 - a) \cdot n_s \quad (8)$

$C$  = Geometriekonstante ( $C = \frac{C_1}{A}$ )

30

Zur Charakterisierung der Qualität eines aufgeschmolzenen Kunststoffes wird ein Mischgrad definiert, der sowohl die Scheineformation, den spezifischen Energieumsatz und die Verweilzeit in der Homogenisierungszone berücksichtigt.

- 35 Zur Definition des Mischgrades geht man von der Erkenntnis aus, daß sich im Schneckenkanal Quer- und Längsströmungen überlagern. Einerseits fördert die Schnecke das Plastifikat in Richtung Gangsteigung, andererseits wird durch die Haftung an der Schneckenoberfläche eine Transversalbewegung induziert. Die einzelnen Masseteilchen des Plastifikats laufen daher auf einer gewendelten Bahn deren Form auch durch die Haftung am Schneckenzyylinder beeinflusst wird. Die kürzeste Verweilzeit im Schneckenkanal hat ein Teilchen, das sich in 2/3  
 40 der Kanalhöhe befindet (gilt exakt nur bei Newton'schen Flüssigkeiten). Dieses Teilchen erfährt deshalb die geringste Scherdeformation und wird als Bezugsteilchen verwendet. Der Mischgrad  $M$  wird als Scherdeformation dieses Teilchens definiert (siehe z. B. Schenkel G.: Entwurf und Betrieb von Kunststoff-Schneckenpressen aufgrund einer Qualitätstheorie Kunststoffe 60 (1970), Heft 1, 2, 3):

45  $M = \gamma(2/3) \quad (9)$

Für eine Schnecke mit bekannten Geometriedaten und einer bestimmten Drehzahl  $n_s$  ergibt sich dann als näherungsweise Zusammenhang zwischen Mischgrad  $M$  und Drosselquotient  $a$ :

50

$M = \gamma(2/3) = \frac{K_1 K_2 + a}{1 - a} \quad (10)$

- 55  $K_1, K_2$  = geometrieabhängige Konstante.

Neben theoretischen Berechnungen können zur Bestimmung der Beziehung zwischen Mischgrad und Drosselquotienten für eine bestimmte Schnecke und für verschiedene Kunststoffe auch aus Versuchen erhaltene experimentelle Ergebnisse herangezogen werden. Eine auf diese Weise erhaltene Beziehung zwischen Mischgrad und Drosselquotienten ist in Fig. 1 dargestellt, wobei die strichlierte Kurve 50 die ideale Kurve ohne  
 60 Leckverluste bezeichnet.

Je nach der gewünschten Homogenität des jeweiligen Rohstoffes liegt der Mischgrad in einem Bereich zwischen  $M = 1000$  und  $M = 4000$  was bei Dreizonenschnecken Drosselquotienten zwischen ca. 0,3 und 0,5 ergibt. Bei zu großen Drosselquotienten ist eine unwirtschaftliche Förderleistung vorhanden.

- Aus dem definierten Zusammenhang zwischen Drosselquotient und Mischgrad (siehe Fig. 1) und Gleichung  
 65 (8) geht somit hervor, daß es zur Erreichung eines bestimmten Mischgrades nur notwendig ist, das Verhältnis zwischen der Schneckendrehzahl  $n_s$  und der Schneckenrücklaufgeschwindigkeit  $c_p$  richtig vorzugeben. Natürlich gilt Gl. 8 nur näherungsweise. Bei einer in einem Schneckenzyylinder axial verschiebbaren Schnecke verändert sich im allgemeinen die wirksame Schneckenlänge im Laufe des Dosiervorganges. Besonders bei großer

axialer Verschiebung der Schnecke kann es dadurch zu einer ungleichmäßigen Aufschmelzung und Homogenisierung des Kunststoffes kommen. Messungen zeigen zum Beispiel, daß die in den Sammelraum geförderte Masse ungleiche Temperaturen aufweist. Bei hydraulischen Spritzgießmaschinen wird durch eine Veränderung des Staudruckes im Laufe des Dosiervorganges, also durch ein Staudruckprofil, versucht, diese axialen Inhomogenitäten auszugleichen. Ebenso ist bei der erfindungsgemäßen Steuereinrichtung möglich, um Inhomogenitäten im Falle einer sich ändernden wirksamen Schneckenlänge auszugleichen, den Wert für das Verhältnis der Dreh- und der Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke während des Dosiervorganges in definierter Weise zu verändern, das heißt ein Profil vorzugeben.

Ein konkretes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Einrichtung ist in Fig. 2 dargestellt.

In der Zylinderplatte 6 ist der Schneckenzyylinder 3 mit den Heizbändern 4 gelagert und mit der Mutter 15 befestigt. Die Schnecke 2 mit der Rückstromsperre 1 wird vom Antriebsmotor 12 über das Getriebe 11 angetrieben. Die Drehzahl  $n_s$  der Schnecke wird von der Steuereinrichtung 30 über ein Signal an einem Ausgang 32 vorgegeben und kann über ein Meßsignal 33 rückgemeldet werden. Zur Verschiebung der Schnecke 2 in axialer Richtung sind die Antriebsmotoren 14, 14' und Getriebe 13, 13' vorgesehen, die auf der feststehenden Platte 8 gelagert sind. Durch die Drehung der Spindeln 9, 9' wird über die Muttern 10, 10' die Verschiebepatte 7 bewegt. Zur vorgegebenen Schneckendrehzahl  $n_s$  und dem geforderten Mischgrad  $M$  (bzw. der Homogenität) berechnet die Steuereinrichtung 30 die für die aktive Schneckenrücklaufgeschwindigkeit  $c_p$  erforderliche Antriebsdrehzahl  $n_p$  der Spindeln 9, 9', die über an den Ausgängen 32', 32'' anliegende Signale, welche den Antriebsmotoren 14, 14' der Spindeln 9, 9' zugeführt werden, eingestellt werden und über Meßsignale 33', 33'' rückgemeldet werden. Die Granulatzufuhr in den Schneckenzyylinder 3 erfolgt aus dem Trichter 5. Das Plastifikat wird in den Schneckenraum 16 gefördert und am Ende des Dosiervorganges ist die Schnecke um eine bestimmte Strecke  $s_p$  in axialer Richtung verschoben worden.

Die gewünschte Schneckendrehzahl  $n_s$  kann in die Eingabeeinheit 31 eingegeben werden. Weiters kann über die Eingabeeinheit 31 ein bestimmter Wert für den gewünschten Mischgrad festgelegt werden. Aus dem gespeicherten Zusammenhang zwischen Mischgrad und Drosselquotienten ermittelt der Rechner den Drosselquotienten und berechnet für die vorgegebene Schnecke 2 und den eingegebenen Wert der Schneckendrehzahl  $n_s$  die Schneckenrücklaufgeschwindigkeit  $c_p$ . Dieser berechnete Wert wird von der Steuereinrichtung 30 angezeigt oder direkt den elektrischen Antriebsmotoren 14, 16' für die lineare Schneckenbewegung vorgegeben. Dadurch stellt sich automatisch ein bestimmter Massedruck im Schneckenraum 16 (Staudruck) ein. Da nicht der Staudruck für die Verarbeitung interessant ist, sondern die Qualität der Schmelze, erübrigt sich die Messung des Staudruckes. Der Wert der Schneckenrücklaufgeschwindigkeit  $c_p$  kann weiters im Laufe des Dosiervorganges variiert werden, so daß die wirksame Länge der Schnecke 2 berücksichtigt wird. Im Laufe eines Dosiervorganges wird dadurch ein Geschwindigkeitsprofil für die Rücklaufgeschwindigkeit  $c_p$  der Schnecke 2 gefahren.

Der Drosselquotient  $a$  ist bei vorgegebener Schneckenengeometrie und Rohstoff vom Druckgradienten in der Homogenisierungszone abhängig, daher ist ein funktioneller Zusammenhang zwischen dem Massedruck im Schneckenraum (Staudruck  $p_{st}$ ) und dem Drosselquotienten  $a$  vorhanden (siehe Fig. 3). Dieser funktionelle Zusammenhang wird durch Versuche und rechnerisch ermittelt und ebenfalls im Steuerungssystem abgespeichert. Ist daher der für eine gewünschte Schmelzequalität erforderliche Staudruck bekannt, kann dieser eingegeben werden und das System errechnet die zur gewählten Schneckendrehzahl  $n_s$  gehörige Rücklaufgeschwindigkeit  $c_p$  der Schnecke 2. Der zum vorgegebenen Staudruck  $p_{st}$  gehörige Drosselquotient  $a$  wird aus dem abgespeicherten funktionellen Zusammenhang entnommen. Dies ist vorteilhaft, wenn Staudruckwerte von hydraulischen Maschinen vorliegen.

Bei Maschinen mit hydraulischer Staudruckeinstellung zur Qualitätssteuerung der Schmelze wird eine unregelmäßige Granulatförderung in den Vorzonen durch eine schwankende Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke erkannt. Bei der vorliegenden aktiv elektrisch angetriebenen axialen Schneckenrücklaufgeschwindigkeit  $c_p$  wird ein vorgegebenes Geschwindigkeitsprofil nachgefahren, es muß daher gewährleistet sein, daß genügend Rohstoff von den Vorzonen durch den Trichter 5 in den Schneckenzyylinder 3 gefördert wird.

Die Granulatzufuhr kann überwacht werden, indem kontrolliert wird, ob bei Nachdruckende nach dem Einspritzvorgang ein ausreichendes Restmassepolster vorhanden ist. Das Restmassepolster ist die Menge an Schmelze, die nach jedem Einspritzvorgang im Massezyylinder 3 zurückbleibt, wodurch die Schnecke einen Abstand  $s_p$  von ihrer vorderen Endstellung einnimmt.

Eine andere Möglichkeit zur Überwachung der Granulatzufuhr bei jedem Zyklus ist in Fig. 4 gezeigt. Das an der Dosierwaage 25 eingestellte Gewicht  $G$  wird aus dem Trichter 5 über eine Vibrorinne 20 mit dem Vibrator 21 der Wiegeschale 22 zugeführt. Ist die geforderte Menge  $G$  erreicht, wird die Vibrorinne 20 mittels einer (nicht dargestellten) elektronischen Auswerteschaltung beispielsweise durch das Verschließen der Vibrorinne 20 über den Wiegebalken 23 abgeschaltet.

Vor Dosierbeginn wird die Wiegeschale 22 geöffnet und das Granulat in den Aufnahmebehälter 28 über der Einzugsöffnung des Schneckenzyinders 3 entleert. Ein Füllstandssensor 26 mit der Auswertelektronik 27 überwacht, ob die gesamte vordosierte Menge von der Schnecke eingezogen wird und der Füllstand um die Höhe  $H$  absinkt. Dadurch wird gewährleistet, daß der Homogenisierungszone während des Zyklusses immer genügend Rohschmelze zugeführt wird. Einzugschwierigkeiten der Schnecke werden erkannt, wenn die vordosierte Menge im Zyklus nicht verarbeitet wird.

Fig. 5 zeigt ein Spritzaggregat, bei dem die wirksame Länge der Schnecke 100 immer die gleiche Länge hat. Die Schmelze wird von der Schnecke 100 bzw. beim Dosiervorgang durch den Einspritzkolben 101 in den Zylindervorraum 106 des Massezylinders 105, an dem die Heizbänder 104 angeordnet sind, gefördert. Durch den entstehenden Massedruck im Zylindervorraum 106 wird der Einspritzkolben 101 und der Schneckenzyylinder 103 mit der Zylinderplatte 107 axial verschoben, während die Trägerplatte 108 mit dem Schneckenantriebsmotor 12, dem Getriebe 11 und der Schnecke 100 durch Drehen der Spindeln 109, 109' mit den Antriebsmotoren 14, 14'

über die Muttern 130, 130' zwangsweise entsprechend der Drehzahl  $n_p$  der Antriebsmotoren axial verschoben wird. Die Schneckendrehzahl  $n_s$  bestimmt die Fördermenge und den Massedruck an der Schneckenspitze und es stellt sich zu jeder eingestellten Rücklaufgeschwindigkeit  $c_p$  der Trägerplatte 8 im Gleichgewichtssystem ein bestimmter Spalt  $s$  ein. Die Antriebsdrehzahl  $n_p$  bzw. Dosiergeschwindigkeit  $c_p$  wird entsprechend der gewünschten Homogenität zu jeder Schneckendrehzahl  $n_s$  vom Rechner berechnet und eingestellt. Bei Einzugschwierigkeiten ändert sich der Förderstrom und Massedruck vor der Schnecke trotz konstanter Schneckendrehzahl, dadurch ändert sich auch der Spalt  $s$ , der mit dem Sensor 129 überwacht wird. Es ist also möglich, die konstante Massezufuhr zur Schnecke 100 durch die Überwachung des Spaltes  $s$  zu kontrollieren. Durch die Haltebolzen 116, 116' und die Muttern 117, 117' kann eine maximal zulässige Spaltweite  $a$  vorgegeben werden. Die Antriebsmotoren 14, 14' sind auf der Spritzzylinderplatte 126 gelagert und die Spindeln 109, 109' in den Platten 126 und 107 in Büchsen 113, 113' und 115, 115' geführt. Beim Einspritzen mit der Geschwindigkeit  $c_s$  wird die Trägerplatte 108 über die Spindeln 109, 109' zuerst um den Spalt  $s$  in Vorlaufrichtung verschoben und dadurch die Überströmbohrung 102 im Spritzkolben 101 verschlossen. Anschließend führt die Trägerplatte 108 und die Zylinderplatte 107 mit dem Schneckenzyylinder 103 und dem Spritzkolben 101 die Einspritzbewegung durch und die Masse wird eingespritzt.

Die Steuereinrichtung 30 zur Steuerung des Verhältnisses von Dreh- und Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke 100 ist in Abb. 5 nicht dargestellt.

Eine weitere Möglichkeit zur Überwachung der Granulatzufuhr wird anhand von Fig. 6 beschrieben. Dieses Ausführungsbeispiel der Erfindung gleicht dem in Fig. 2 gezeigten, wobei die Steuereinrichtung 30 eine Überwachungseinrichtung 50 aufweist. Die Leistung des Antriebsmotors 12 wird durch Messung von Strom und Spannung über Eingänge 51, 52 gemessen. Durch Multiplikation mit der Drehzahl  $n_s$  erhält man das Drehmoment. Einige für den Drehantrieb der Schnecke geeignete kommerziell erhältliche Servomotoren geben auch das Drehmoment direkt aus, so daß dieses gemessene Drehmoment unmittelbar als Eingangsgröße der Überwachungseinrichtung 50 zugeführt werden kann.

Eine unregelmäßige Granulatzufuhr erkennt die Überwachungseinrichtung 50 aufgrund von Änderungen des gemessenen Drehmomentes. Wird weniger Granulat eingezogen, so verringert sich auch das zur Schneckendrehung benötigte Drehmoment. Beispielsweise bestimmt die Überwachungseinrichtung für jeden Maschinenzklus den Mittelwert des Drehmomentes während der Förderphase und verwendet diesen Wert als Referenzwert für den folgenden Zyklus. Weicht das momentane Drehmoment oder der Mittelwert des Drehmomentes in diesem folgenden Zyklus um mehr als einen maximal zulässigen Betrag vom Referenzwert ab, so wird ein optischer und/oder akustischer Alarm ausgelöst. Eine andere Möglichkeit besteht darin, für eine bestimmte Schnecke Probeläufe mit verschiedenen Werkzeugen und Materialien durchzuführen und jeweils den Mittelwert des Drehmoments über die Dosierphase zu bestimmen. Diese Mittelwerte können dann als Referenzwerte in die Überwachungseinrichtung eingespeichert werden.

In einer modifizierten Ausführungsform werden in den Probeläufen nicht die zeitlichen Mittelwerte des Drehmoments ermittelt, sondern es wird jeweils in Abhängigkeit vom Werkzeug und vom Material der Verlauf des Drehmoments während der Dosierphase, das heißt eine Drehmomentkurve aufgenommen. Diese Drehmomentkurven werden dann in die Überwachungseinrichtung als Referenzkurven eingespeichert. Es wird weiters ein bestimmter Toleranzbereich vorgegeben der die maximal zulässige Abweichung des Drehmoments von der Referenzkurve festlegt. Verläßt die Drehmomentkurve während des Betriebes diesen Toleranzbereich, so wird ein Alarm ausgelöst. Das Vorgeben einer Referenzkurve anstelle eines Referenzwertes ist insbesondere dann von Vorteil, wenn sich das Drehmoment im Laufe der Förderphase (auch bei korrekter Granulatzufuhr) stark ändert.

Bei im wesentlichen konstanter Drehzahl  $n_s$  kann anstelle der Änderung des Drehmomentes klarerweise auch die Änderung der gemessenen Leistung des Antriebsmotors 12 von der Überwachungseinrichtung 50 ausgewertet werden.

Bei allen Ausführungsbeispielen könnten anstelle des elektrischen Motors 12 für die Schneckendrehung und/oder der elektrischen Motoren 14, 14' für die axiale Verschiebung der Schnecke prinzipiell auch hydraulische Motoren verwendet werden.

#### Patentansprüche

1. Einspritzeinheit einer Spritzgießmaschine mit einer in einem Schneckenzyylinder gelagerten Schnecke, für welche ein, vorzugsweise elektrischer, Drehantrieb und ein, vorzugsweise elektrischer, Antrieb zum axialen Verschieben der Schnecke vorgesehen ist, wobei die Drehgeschwindigkeit und die axiale Vor- bzw. Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke über eine Steuereinrichtung einstellbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (30) bei einem Dosiervorgang das Verhältnis der Drehgeschwindigkeit und der Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke (2, 100) steuert.

2. Einspritzeinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Eingabeeinheit (31) zur Eingabe zumindest eines die geforderte Qualität des Plastifikats bestimmenden Wertes vorgesehen ist und daß die Steuereinrichtung (30) das Verhältnis der Dreh- und der Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke (2, 100) in Abhängigkeit von diesem Wert steuert.

3. Einspritzeinheit nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das an einem ersten Ausgang (32) der Steuereinrichtung (30) anliegende Signal zur Steuerung der Drehgeschwindigkeit der Schnecke (2, 100) und das an einem zweiten Ausgang (32', 32'') der Steuereinrichtung anliegende Signal zur Steuerung der axialen Schneckenrücklaufgeschwindigkeit ein von der Steuereinrichtung (30) in Abhängigkeit von zumindest einem über eine Eingabeeinheit (31) einzugebenden Wert bestimmtes Verhältnis aufweist.

4. Einspritzeinheit einer Spritzgießmaschine mit einer in einem Schneckenzyylinder gelagerten Schnecke, für

- welche ein, vorzugsweise elektrischer, Drehantrieb und ein, vorzugsweise elektrischer, Antrieb zum axialen Verschieben der Schnecke vorgesehen ist, wobei die Drehgeschwindigkeit und die axiale Vor- bzw. Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke über eine Steuereinrichtung einstellbar sind, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Eingabeeinheit (31) vorgesehen ist, über die als der die geforderte Qualität des Plastifikats bestimmende Wert der Mischgrad eingebbar ist. 5
5. Einspritzeinheit nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß in der Steuereinrichtung (30) die Beziehung zwischen dem Mischgrad und dem Verhältnis von Dreh- und Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke (2, 100) eingespeichert ist.
6. Einspritzeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß über die Eingabeeinheit (31) als der die geforderte Qualität des Plastifikats bestimmende Wert wie an sich bekannt der Staudruck 10 eingebbar ist.
7. Einspritzeinheit nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß in der Steuereinrichtung (30) die Beziehung zwischen dem Staudruck und dem Verhältnis von Dreh- und Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke (2, 100) eingespeichert ist.
8. Einspritzeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Dreh- 15 und Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke (2, 100) während eines Dosiervorganges im wesentlichen konstant ist.
9. Einspritzeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Dreh- und Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke (2, 100) während eines Dosiervorganges ein von der Steuereinrichtung (30) gesteuertes Profil aufweist. 20
10. Einspritzeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Dosierwaage (25) zur gewichtsüberwachten Zuführung des Granulats in die Einspritzeinheit vorgesehen ist.
11. Einspritzeinheit nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Entleerung des Granulats zyklisch in einen Aufnahmezylinder (28) erfolgt, der einen Sensor (26) zur Überwachung des Füllstandes aufweist.
12. Einspritzeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Schneckenzyylinder 25 (103) einen am vorderen Ende desselben angeordneten Einspritzkolben (101) umfaßt, der von der Schnecke (100) verschleißbar ist, und daß zumindest der vordere Teil des Schneckenzyinders (103) in einem Massezyylinder (105) verschiebbar gelagert ist.
13. Einspritzeinheit nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß zur Überwachung des Einzugsverhaltens der Schnecke (100) ein Sensor zur Überwachung des Abstandes  $s$  der Schnecke vom Einspritzkolben 30 vorgesehen ist.
14. Einspritzeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine das gemessene Drehmoment bzw. die gemessene Leistung des Drehantriebs (12) der Schnecke (2) auswertende Überwachungseinrichtung (50) zur Überwachung der Granulatzufuhr in die Schnecke (2) vorgesehen ist.
15. Verfahren zur Steuerung des Plastifizierungsvorganges der Einspritzeinheit einer Spritzgießmaschine, deren 35 in einem Schneckenzyylinder drehbar gelagerte und axial verschiebbare Schnecke über einen, insbesondere elektrischen, Drehantrieb mit einer einstellbaren Drehgeschwindigkeit antreibbar ist und über einen, insbesondere elektrischen, Antrieb mit einer einstellbaren Vor- bzw. Rücklaufgeschwindigkeit axial verschiebbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuereinrichtung (30) das Verhältnis der Drehgeschwindigkeit und der Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke (2, 100) steuert. 40
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (30) in Abhängigkeit von zumindest einem über eine Eingabeeinheit (31) eingegebenen Wert das Verhältnis von Dreh- und Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke (2, 100) bestimmt und steuert.
17. Verfahren zur Steuerung des Plastifizierungsvorganges der Einspritzeinheit einer Spritzgießmaschine, deren 45 in einem Schneckenzyylinder drehbar gelagerte und axial verschiebbare Schnecke über einen, insbesondere elektrischen, Drehantrieb mit einer einstellbaren Drehgeschwindigkeit antreibbar ist und über einen, insbesondere elektrischen, Antrieb mit einer einstellbaren Vor- bzw. Rücklaufgeschwindigkeit axial verschiebbar ist, insbesondere nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß über eine Eingabeeinheit (31) der gewünschte Mischgrad eingegeben wird.
18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß über die Eingabeeinheit (31), wie an sich 50 bekannt, der Staudruck eingegeben wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Dreh- und Rücklaufgeschwindigkeit auf einem von der Steuereinheit (30) bestimmten konstanten Wert gehalten wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Dreh- 55 und Rücklaufgeschwindigkeit von einem vor der Steuereinheit (30) bestimmten Profil entsprechend gesteuert wird.
21. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer hydraulischen Spritzgießmaschine in Abhängigkeit des eingegebenen Wertes für den Mischgrad der an der Einspritz-Hydraulik-Zylindereinheit einzustellende Staudruck bestimmt wird. 60
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Drehmoment bzw. die Leistung des Drehantriebs (12) der Schnecke (2) gemessen und von einer Überwachungseinrichtung (50) überwacht wird.
23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß von der Überwachungseinrichtung (50) die zeitliche Änderung des gemessenen Drehmoments bzw. der gemessenen Leistung des Drehantriebs der 65 Schnecke ausgewertet wird.
24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß ein Referenzwert für das Drehmoment bzw. für die Leistung des Drehantriebs (12) der Schnecke (2) vorgegeben bzw. durch zeitliche

Mittelung über die Passierphase eines Maschinenzyklus bestimmt wird und bei Überschreitung einer maximal zulässigen Abweichung des momentanen oder über die Dosierphase gemittelten Drehmoments bzw. der Leistung des Drehantriebs (12) der Schnecke (2) von diesem Referenzwert von der Überwachungseinrichtung (50) ein Alarm ausgelöst wird.

25. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß eine Referenzkurve für das Drehmoment bzw. für die Leistung des Drehantriebs (12) der Schnecke (2) während der Dosierphase ermittelt wird und bei Überschreitung einer maximal zulässigen Abweichung des Drehmoments bzw. der Leistung des Drehantriebs (12) der Schnecke (2) von dieser Referenzkurve von der Überwachungseinrichtung ein Alarm ausgelöst wird.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen



- Leerseite -

Fig. 1

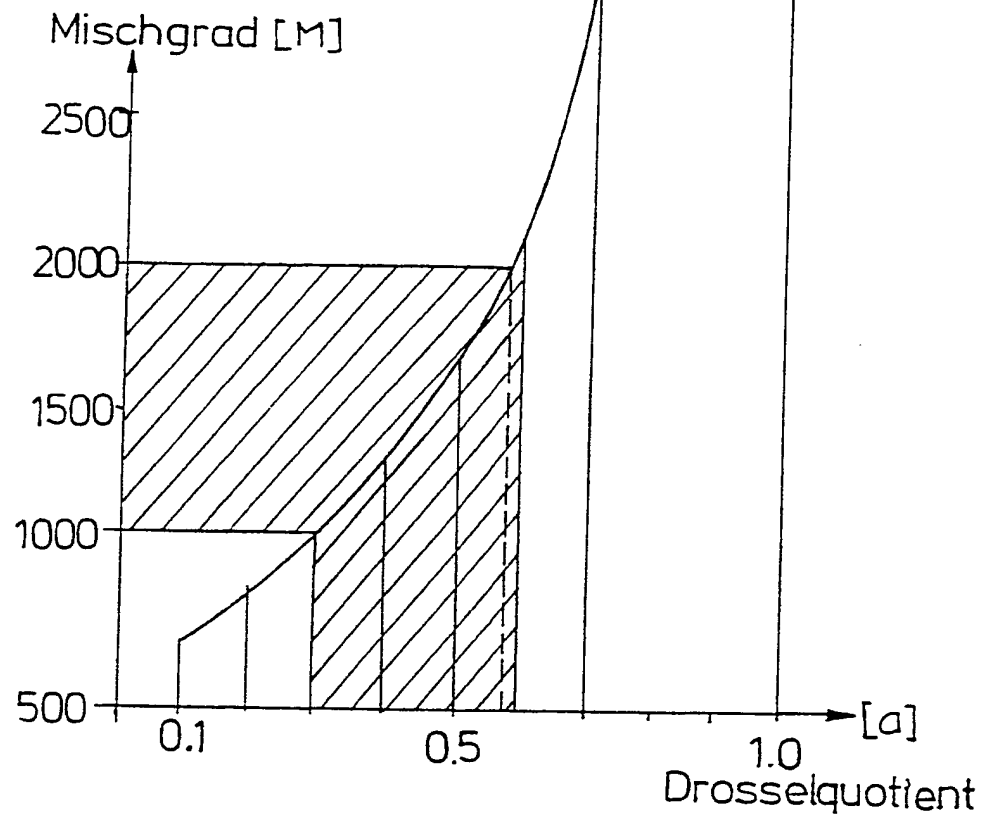
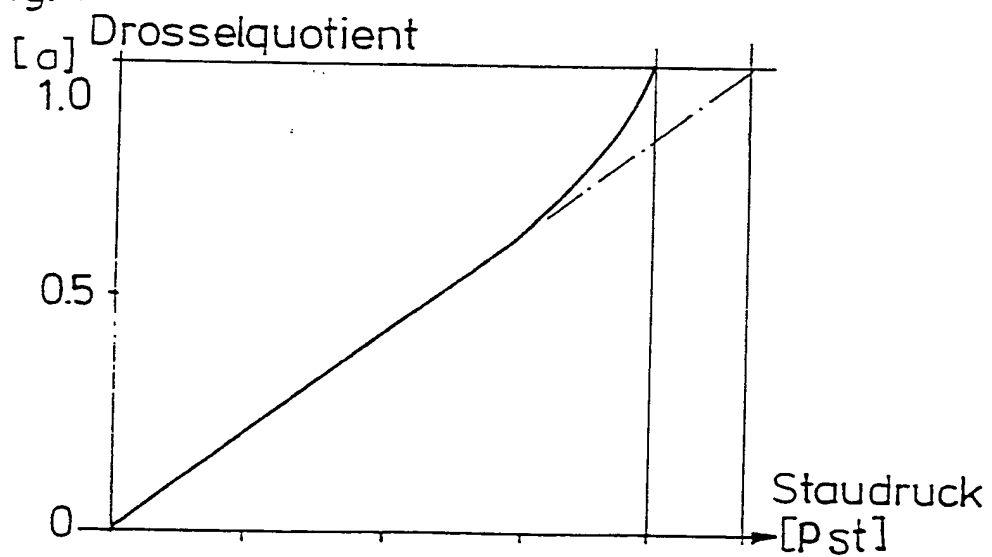


Fig. 3



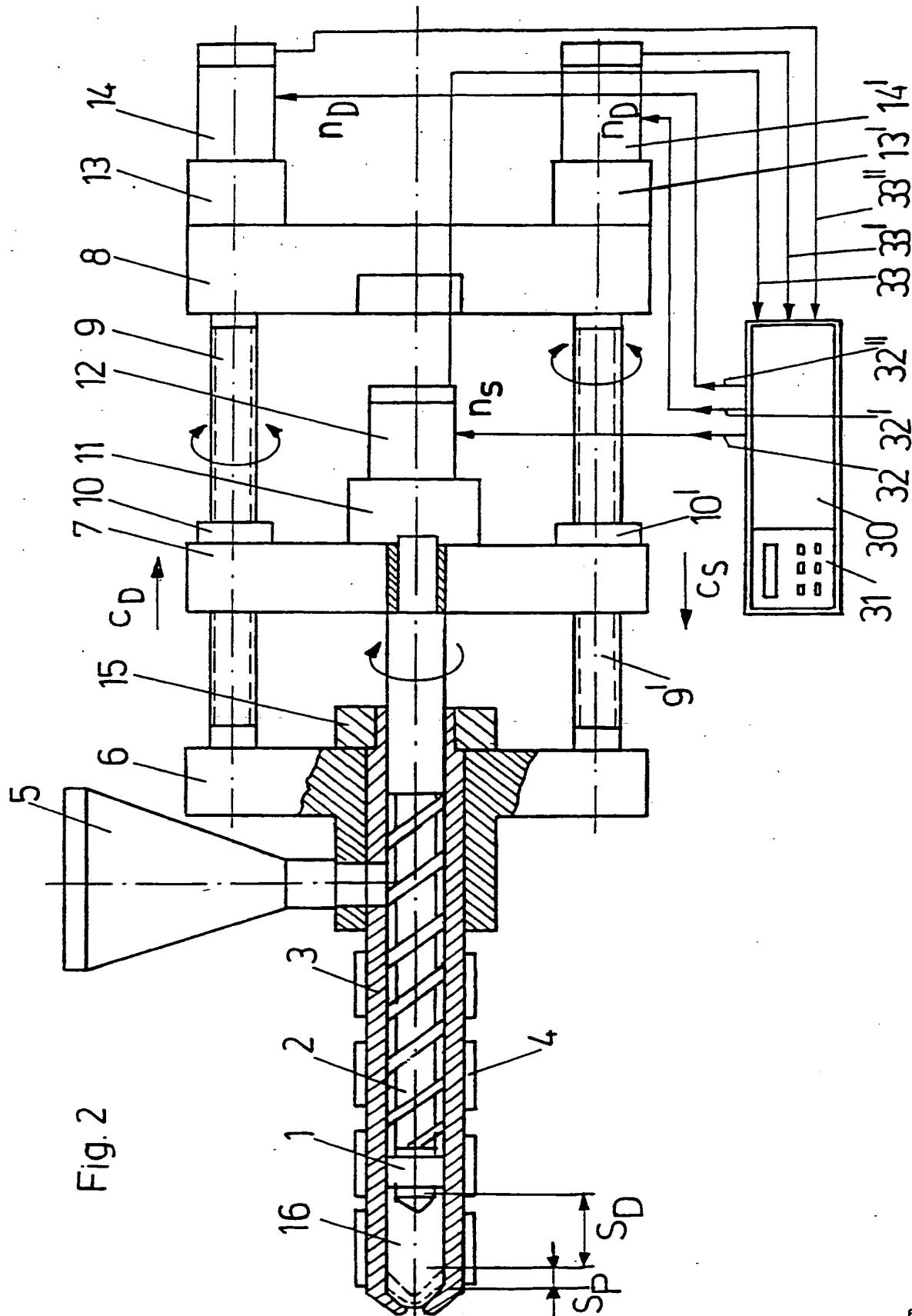
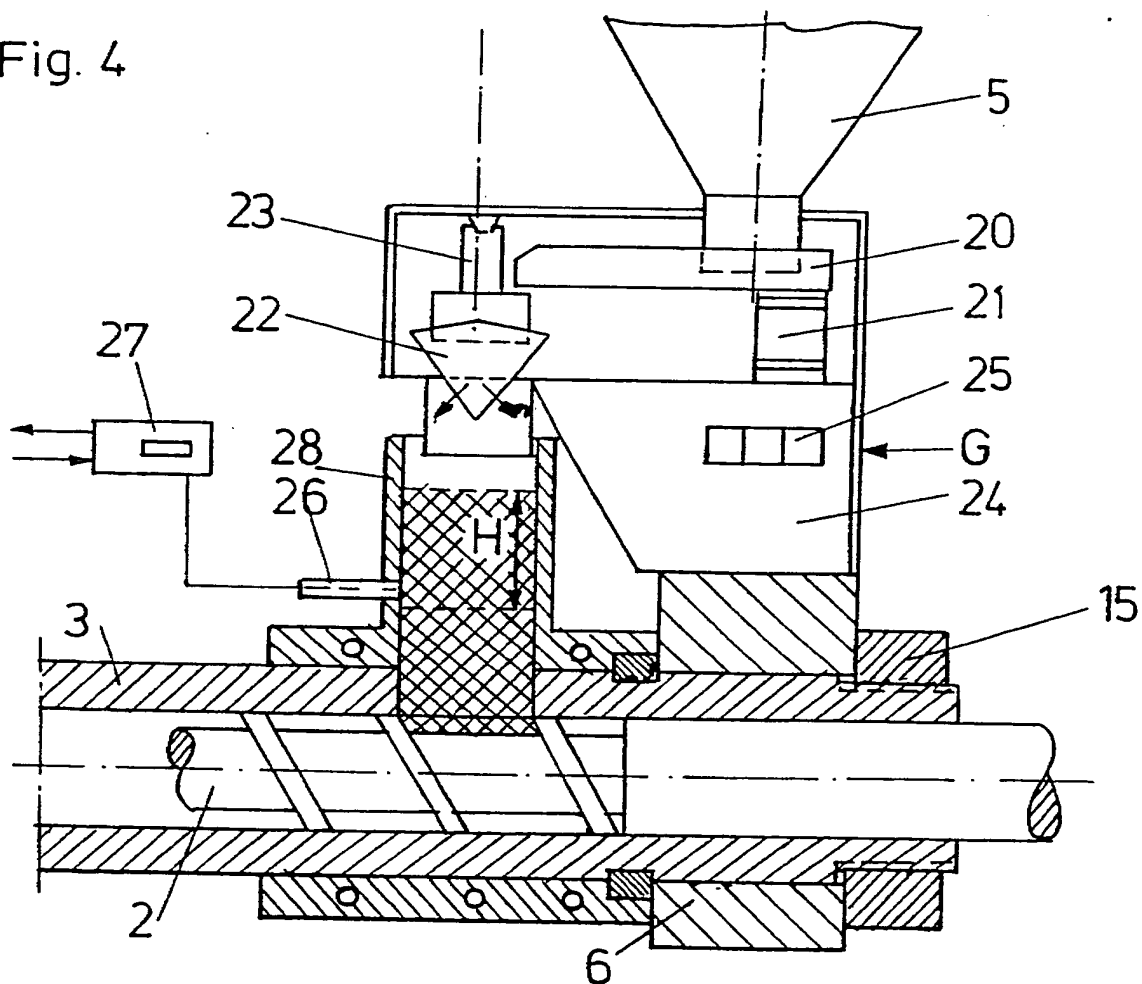


Fig. 4



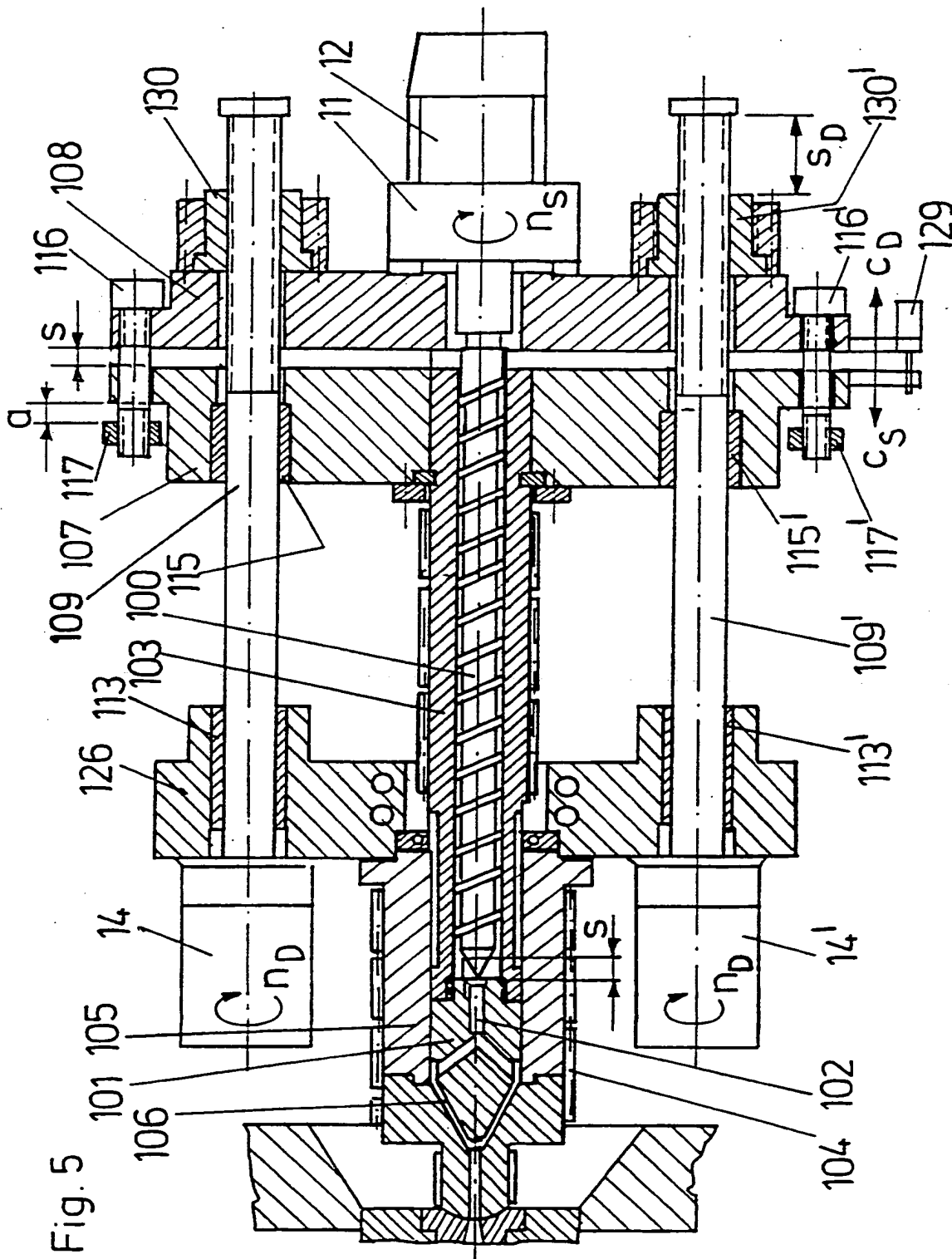


Fig. 5

